

PAT-NO: JP408051227A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08051227 A
TITLE: PHOTOVOLTAIC DEVICE

PUBN-DATE: February 20, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME COUNTRY
SANO, KEIICHI
AYA, YOICHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME COUNTRY
SANYO ELECTRIC CO LTD N/A

APPL-NO: JP06184351
APPL-DATE: August 5, 1994

INT-CL (IPC): H01L031/04

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a photovoltaic device where the conversion efficiency after deterioration of light is raised.

CONSTITUTION: In the generation layer i of a photovoltaic device using amorphous silicon germanium alloy-4, where free bonds are terminated by hydrogen, for the generating layer i, hydrogen composition rate CH/CSi is uniform all over the thickness of itself, and germanium composition rate CGe/CSi is changed. And the hydrogen composition rate CH/CSi is preferably set to the optimum value after deterioration of light.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(51) Int. Cl.⁸
H 01 L 31/04

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 01 L 31/04

B
N

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-184351

(22) 出願日 平成6年(1994) 8月5日

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 佐野 景一

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 越 洋一郎

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

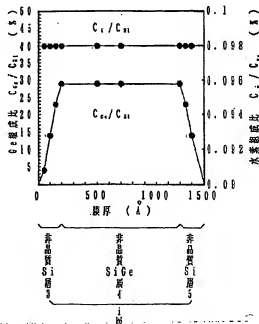
(74) 代理人 伊藤士 島居 洋

(54) 【発明の名称】 光起電力装置

(57) 【要約】

【目的】 光起電力装置に関し、光劣化後の変換効率を高められるようにした光起電力装置の提供を目的とする。

【構成】 未結合手を水素により終端した非晶質シリコンゲルマニウムアロイを発電層1に用いた光起電力装置において、発電層1の全膜厚にわたって水素組成比 C_{H1}/C_{Si1} が均一であり、ゲルマニウム組成比 C_{Ge1}/C_{Si1} を変化させた発電層1を備える。そして、水素組成比 C_{H1}/C_{Si1} は好ましくは光劣化後の最適値に設定される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 未結合手を水素もしくはハロゲン族元素により終端した非晶質シリコンアロイを発電層に用いた光起電力装置において、
 発電層の全膜厚にわたって終端元素のシリコン元素に対する組成比が均一であり、シリコン以外のアロイ構成原子の組成比を変化させた発電層を備えることを特徴とする光起電力装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光起電力装置に係り、特に光劣化後における変換効率を高められるようにした光起電力装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 未結合手を水素もしくはハロゲン族元素により終端した非晶質シリコンアロイ（以下、 $a-Si$ アロイという。）を発電層に用いた光起電力装置は、シリコン（Si）原子と炭素（C）、窒素（N）、酸素（O）、ゲルマニウム（Ge）、あるいは錫（Sn）原子とのアロイ化により光学ギャップを広い範囲で制御できることから、太陽光スペクトルの有効利用を目的とした積層型光起電力装置として有望視されている。

【0003】 発電層を構成する合金型アモルファス半導体の膜厚方法としてはプラズマ分解法が多用され、装置時には平行平板電極の容量結合型反応装置が用いられることが多い。脱生成用ガスはSiと合金を構成する成分に対応して選択され、例えば合金型アモルファス半導体の中で代表的地位を占めるアモルファスシリコン（以下、 $a-Si$ という。）とゲルマニウム（Ge）とをアロイ化した $a-SiGe$ 、 H は、モノシラン（ SiH_4 ）とゲルマニウム（ GeH_4 ）と水素（ H_2 ）とを脱生成用ガスとして用いている。

【0004】 $a-Si$ アロイは非晶質Si（以下、 $a-Si$ という。）に比べて電気的特性が劣ることから、発電層内でSi以外の構成原子組成比を変化させることにより光学ギャップを変化させた、いわゆる、光学ギャップグレーデッド構造を採用してそのキャリア収集特性を改善し、光起電力装置の初期特性を高めることが試みられている。

【0005】 グレーディングとしては、膜厚が大きくなるにしたがって単純にSiに対するGeの組成比（ C_{Ge}/C_{Si} ）が増大するもの、膜厚が大きくなるにしたがって単純に C_{Ge}/C_{Si} が減少するもの、及び膜厚の途中まで膜厚が大きくなるにしたがって C_{Ge}/C_{Si} が増大し、その後 C_{Ge}/C_{Si} が減少するものが知られている（App 1. Phys. Lett. 5 June 1989 p2330-2332参照）。

【0006】 従来、発電層内でSi以外の構成原子組成比を変化させるためには、単純に原料ガスの流量比（ SiH_4/GeH_4 比）を変化させ、その組成比を変化させており、したがって、例えば図7に示すように、 $a-$

2

$SiGe: H$ のSiに対するGe組成比（ C_{Ge}/C_{Si} ）が増大すれば、終端元素である水素のSiに対する組成比（ C_H/C_{Si} ）が減少するという関係になっている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、 $a-Si$ で発電層が構成されている光起電力装置において、 SiH の高次の結合がある時には膜質が硬化し、変換効率が低下するため、水素量 C_H を適宜制御することが必要とされている。

10 【0008】 そこで、 $a-Si$ アロイで発電層が構成されている光起電力装置、例えば、 $a-SiGe: H$ で発電層が構成されている光起電力装置において、水素量 C_H が変換効率に与える影響を求めたところ、 $a-Si$ で発電層が構成されている光起電力装置と同様に水素量 C_H がある量に達するまでは変換効率が水素量 C_H に比例して増大するが、ある量を越えると急激に変換効率が低下することを発見したのである。また、 SiH_4/GeH_4 比を変化させて発電層の成長に対応してGe量を変化させると C_H/C_{Si} も変化するが、発電層の成長速度（デポレート）と圧力とを制御することによって発電層の全膜厚にわたって終端元素量、即ち、 C_H/C_{Si} を全膜厚にわたって均一にすることができ、しかも、 C_{Ge}/C_{Si} を任意に変化させることができることを発見したのである。

【0009】 本発明は、係る知見に基づいて完成されたものであり、変換効率を高められるようにした光起電力装置の提供を目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】 本発明は、未結合手を水素もしくはハロゲン族元素により終端した $a-Si$ アロイを発電層に用いた光起電力装置において、上記の目的を達成するため、発電層の全膜厚にわたって終端元素のシリコン元素に対する組成比が均一であり、シリコン以外のアロイ構成原子の組成比を変化させた発電層を備えることを特徴とする。

【0011】 ところで、 $a-Si$ アロイとは、Si原子と他の原子、例えばC、N、O、Ge、Snのいずれかの原子で構成された非晶質半導体材料を意味している。

【0012】

40 【作用】 本発明によれば、発電層の全膜厚にわたって終端元素のシリコン元素に対する組成比が均一であるため、未結合手や $Si-H$ の高次の結合が最小となる最適な均一な膜質を形成することができ、光劣化による変換効率の低下を減少させることができる。

【0013】 本発明において、終端元素のシリコン元素に対する組成比をどの程度に設定するかは自由であるが、最高の初期特性が得られる初期の最適値よりも多くすることは $Si-H$ の高次の結合が増大し、初期特性及び光劣化後の特性を低下させるので好ましくなく、また、光劣化後に最高の特性が得られる光劣化後の最適値

よりも少なくすると未結合手が増大して初期特性及び光劣化後の特性を低下させるので好ましくない。最も好ましいのは初期特性の最速値よりも少ない光劣化後の最速値にすることである。

【0014】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて具体的に説明する。

【0015】本発明の一実施例に係る光起電力装置は図1の断面模式図に示すように、ガラス基板に順次積層される透明電極1、p型a-Si層2、膜厚200Åのa-Si層3、膜厚1300Åのa-SiGe層4、膜厚200Åのa-Si層5、n型a-Si層6及び裏面電極7を備え、上記a-Si層3、a-SiGe層4、a-Si層5によりi層（発電層）が構成される。

【0016】図2に示すように、このi層におけるGe*

*のグラディエーションプロファイルは、成長量0から200Åのa-Si層3内ではほぼ直線的に増大し、200～1300Åの間のa-SiGe層4内ではほぼ一定値（ここでは $C_{Ge}/C_{Si}=29\%$ ）とし、1300～1700Åの間のa-Si層5内ではほぼ直線的に減少する等閑合形となっている。又、このi層における水素組成比 C_H/C_{Si} は全膜厚にわたって一定値（ここでは0.098%）にしている。

【0017】なお、このa-SiGeの基本時的形成条件は表1に示す通りであり、デポレートと制御する反応圧力とRFパワーとを制御することにより、膜厚全体にわたって終端元素量、即ち、 C_H/C_{Si} が一定値（0.098%）に固定されるようにしている。

【0018】

【表1】

基板温度 (°C)	170～320
反応圧力 (Pa)	1～50
RFパワー (mW/cm ²)	1～100
ガス流量 (SCCM)	GeH ₄ 0～3.2 H ₂ 75 SiH ₄ 40

【0019】この光起電力装置のa-SiGe層4の $(\alpha h\nu)^{1/2}$ プロットにより求めた光学ギャップを1.32eVと一定にした場合、図3に示すように、水素量 C_H と赤色フィルター下の初期の変換効率との関係は、水素量 C_H が約9at%以下では水素量 C_H の増大にはほぼ比例して変換効率が增大するが、約9at%を超えると変換効率が低下し、 C_H ＝約9at%で極大値となることが分かる。極大値よりも水素量 C_H が少ない領域での変換効率の低下は、水素もしくはハロゲン族元素により終端されていない未結合手が存在するためと思われる、極大値よりも水素量 C_H が多い領域の変換効率の低下

※下は、SiH₄の高次の結合が生じて膜質が低下したためと思われる。

【0020】又、表2に示す条件に従ってこの光起電力装置の光劣化後の水素量 C_H と赤色フィルター下の初期変換効率との関係求めたところ、図4に示すように、上記の初期変換効率に比べれば水素量 C_H が少ない約7at%で最高値が得られ、図3及び図4から光劣化前後では最速の水素量 C_H が異なり、光劣化後の最速値は低水素側にシフトすることが分かる。

【0021】

【表2】

照射強度 (mW/cm ²)	500
照射状態	赤色フィルター下
照射温度 (°C)	48
照射時間 (hours)	6
セル接続状態	開放状態

【0022】次に、この光起電力装置のa-SiGe層4の光学ギャップを変化させ、1.50eV、1.43*50

*eV、1.36eV場合に付いても同様の実験を行い、各光学ギャップにおける劣化後の最速水素量を求めたと

ころ図5に示す結果が得られた。この図5の縦軸は水素量 C_H を示すが、これを水素組成比 C_H/C_{Si} に置き換えると図6に示すようになり、 $C_H/C_{Si}=0.098$ (%)に各光学ギャップの光劣化後の最適組成が存在することが分かる。

【0023】以上の結果を踏まえて、Ge組成比を図1に示すように変化させ、水素組成比 C_H/C_{Si} を一定値(0.098%)にしてキャリアの輸送特性も同時に向*

実施例の太陽電池特性

	V_{oc} (V)	I_{sc} (mA/cm ²)	P. F.	Eff (%)	劣化率 (%)
初期	0.62	8.8	0.67	3.66	
劣化後	0.61	8.7	0.65	3.45	4.2

【0025】

※ 表【表4】
比較例の太陽電池特性

	V_{oc} (V)	I_{sc} (mA/cm ²)	P. F.	Eff (%)	劣化率 (%)
初期	0.62	8.8	0.67	3.66	
劣化後	0.61	8.6	0.64	3.30	9.8

【0026】これら表3と表4から明らかなように、上記一実施例によれば劣化率が4%と大きく改善されるのに加え、劣化後の赤色フィルタ下での変換効率(Eff)も3.45%と非常に高い太陽電池特性を得ることができた。

【0027】なお、この実施例によれば、水素量 C_H を光劣化後の最適値に設定しているので、おそらく、1層に注入されたキャリアが素早く電極に収集され再結合する確率が低くなり、1層に注入されたキャリアが再結合する際に欠陥を誘起して1層の膜質を低下させることが少なくなっているために光劣化が小さくなったものと思われる。

【0028】上記の一実施例では、Geのグラディエーションプロフィールを等脚台形にしているが、このプロフィールを不等脚台形にしたり、山形にしたりすることは自由である。

【0029】また、上記実施例の説明ではa-SiGe:Hに関してのみ述べたが、Si原子とC原子とのアロイ、Si原子とN原子とのアロイ、Si原子とO原子とのアロイ、Si原子とSn原子とのアロイについても同様の結果が得られている。

【0030】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、終端元素量が全膜厚にわたって一定値に固定されているので、水素もしくはハロゲン族元素により終端され*

* 上させた場合の光劣化前後の赤色フィルタ下の上記一実施例の太陽電池特性を調べたところ、表3に示す結果が得られた。また、比較のために、図7に示す従来の光学ギャップグレーデッド構造の光起電力装置の太陽電池特性を調べたところ、表4に示す結果が得られた。

【0024】

【表3】

★ 足りない未結合手やSi-H₂の高次の結合が最小になる最適の均一な膜質を形成することができ、光劣化による変換効率の低下を減少させることができるのである。

【0031】本発明において、特に水素量 C_H を初期の最適値よりも小さく光劣化後の最適値以上に設定する場合には一層光劣化後の変換効率を高めることができ、実用上一層好ましい設計ができるのである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の断面模式図である。

【図2】本発明の実施例の発電層の組成分布図である。

【図3】本発明の実施例の初期の水素量と変換効率との関係を示す特性図である。

【図4】本発明の実施例の光劣化後の水素量と変換効率との関係を示す特性図である。

【図5】本発明の実施例の光学ギャップと劣化後最適水素量との関係を示す特性図である。

【図6】本発明の実施例の光学ギャップと劣化後最適組成比との関係を示す特性図である。

【図7】従来例の発電層の組成分布図である。

【符号の説明】

3 a-Si層

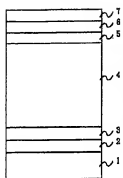
4 a-SiGe層

5 a-Si層

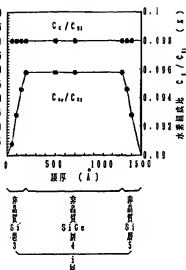
C_H/C_{Si} 水素組成比

C_{Ge}/C_{Si} Geの組成比

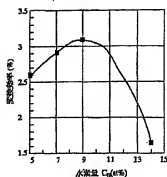
【図1】



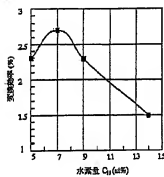
【図2】



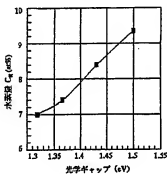
【図3】



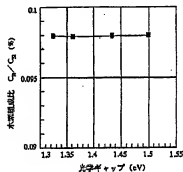
【図4】



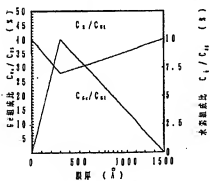
【図5】



【図6】



【図7】



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the photoelectromotive-force equipment start [equipment] photoelectromotive-force equipment, especially it was made to have the conversion efficiency after photodegradation raised.

[0002]

[Description of the Prior Art] The photoelectromotive-force equipment which used for the generation-of-electrical-energy layer the amorphous Si alloy (henceforth an a-Si alloy) which carried out termination of the uncombined hand with hydrogen or a halogen group element A silicon (Si) atom, carbon (C), nitrogen (N), oxygen (O), germanium (germanium). Or since an optical gap is controllable by alloy-ization with a tin (Sn) atom in the large range, promising ** is carried out as laminating mold photoelectromotive-force equipment aiming at a deployment of a sunlight spectrum.

[0003] As the film production approach of the alloy mold amorphous semiconductor which constitutes a generation-of-electrical-energy layer, a plasma part solution method is used abundantly, and the capacity-coupling mold reactor of an parallel plate electrode is used in equipment in many cases. A mono silane (SiH₄), germane gas (GeH₄), and hydrogen (H₂) are used for the amorphous silicon (henceforth a-Si) which the gas for film generation is chosen corresponding to the component which constitutes Si and an alloy, for example, occupies a typical status in an alloy mold amorphous semiconductor, and a-SiGe:H which alloy-ized germanium (germanium) as gas for film generation.

[0004] Since electrical characteristics are inferior in an a-Si alloy compared with amorphous Si (henceforth a-Si), by changing configuration atomic composition ratios other than Si within a generation-of-electrical-energy layer, the so-called optical gap gray dead structure where the optical gap was changed is adopted, the carrier collection property is improved, and to raise the initial property of photoelectromotive-force equipment is tried.

[0005] That to which the presentation ratio (CGe/CSI) of germanium to Si increases simply as grading as thickness becomes large, That to which CGe/CSI decreases simply as thickness becomes large, And that to which CGe/CSI increases as thickness becomes large to the middle of thickness, and CGe/CSI decreases after that is known (1989p2330 to Appl.Phys.Lett.5 June2332 reference).

[0006] In order to change configuration atomic composition ratios other than Si within a generation-of-electrical-energy layer conventionally As the flow rate (SiH₄/GeH₄ ratio) of material gas is changed simply, and the presentation ratio is changed, therefore it is shown in drawing 7 If germanium presentation ratio (CGe/CSI) to Si of a-SiGe:H increases, it has the relation that the presentation ratio (CH/CSI) to Si of the hydrogen which is a termination element decreases.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, it sets to the photoelectromotive-force equipment with which the generation-of-electrical-energy layer consists of a-Si, and is SiH₂. Since membranous quality deteriorates and conversion efficiency falls when there is high order association, it is the amount CH of hydrogen. Controlling suitably is recommended.

[0008] Then, it sets to the photoelectromotive-force equipment with which the generation-of-electrical-energy layer consists of a-Si alloys, for example, the photoelectromotive-force equipment with which the generation-of-electrical-energy layer consists of a-SiGe:H. The amount CH of hydrogen It is the amount CH of hydrogen like [when it asks for the effect which it has on conversion efficiency] the photoelectromotive-force equipment with which the generation-of-electrical-energy layer consists of a-Si. Conversion efficiency is the amount CH of hydrogen until it reaches the existing amount. Although it increases proportionally When a certain amount was exceeded, it discovered that conversion efficiency fell rapidly. Moreover, SiH₄ / GeH₄ Although CH/CSi will also change if a ratio is changed and the amount of germanium is changed corresponding to growth of a generation-of-electrical-energy layer By controlling the growth rate (DEPORETO) and pressure of a generation-of-electrical-energy layer, the amount of termination elements, i.e., CH₃ and CSi could be made into homogeneity over all thickness over all the thickness of a generation-of-electrical-energy layer, and, moreover, it discovered that CGe/CSi could be changed to arbitration.

[0009] It is completed based on the starting knowledge and this invention aims at offer of the photoelectromotive-force equipment it was made to have conversion efficiency raised.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In the photoelectromotive-force equipment which used for the generation-of-electrical-energy layer the a-Si alloy which carried out termination of the uncombined hand with hydrogen or a halogen group element, in order that this invention may attain the above-mentioned purpose, over all the thickness of a generation-of-electrical-energy layer, its presentation ratio to the silicon element of a termination element is uniform, and it is characterized by having the generation-of-electrical-energy layer to which the presentation ratio of alloy configuration atoms other than silicon was changed.

[0011] Here, the a-Si alloy means the amorphous semiconductor ingredient which consisted of an Si atom and other atoms, for example, one-atom of C, N, O, germanium, and Sn.

[0012]

[Function] Since the presentation ratio [as opposed to the silicon element of a termination element over all the thickness of a generation-of-electrical-energy layer] is uniform according to this invention, they are an uncombined hand and Si-H₂. The optimal uniform membranous quality from which high order association serves as min can be formed, and decline in the conversion efficiency by photodegradation can be decreased.

[0013] Although it is free in this invention as how much the presentation ratio to the silicon element of a termination element is set It is Si-H₂ to make [more] it than the early optimum value from which the highest initial property is acquired. High order association increases. Since an uncombined hand will increase and an initial property and the property after photodegradation will be reduced if it is made fewer than the optimum value after the photodegradation from which the highest property is preferably acquired after photodegradation, since an initial property and the property after photodegradation are reduced, it is not desirable. It is most desirable to make it the optimum value after photodegradation fewer than the optimum value of an initial property.

[0014]

[Example] Hereafter, the example of this invention is concretely explained based on a drawing.

[0015] As the photoelectromotive-force equipment concerning one example of this invention is shown in the cross section of drawing 1, it has the transparent electrode 1 by which a laminating is carried out one by one to a glass substrate, the p mold a-Si layer 2, the a-Si layer 3 of 200Å of thickness, the a-SiGe layer 4 of 1300Å of thickness, the a-Si layer 5 of 200Å of thickness, the n mold a-Si layer 6, and the rear-face electrode 7, and i layers (generation-of-electrical-energy layer) are constituted by the above-mentioned a-Si layer 3, the a-SiGe layer 4 and the a-Si layer 5

[0016] As shown in drawing 2, the gradation profile of germanium in these i layers increases almost linearly within the 200Å a-Si layer 3 from an amount of growth 0, within the a-SiGe layer 4 between 200-1300Å, considers as about 1 constant value (here CGe/CSi= 29%), and serves as a foot trapezoid, such as decreasing almost linearly, within the a-Si layer 5 between 1300-1700Å. Moreover, the

hydrogen presentation ratio CH in these i layers / CSi is made into constant value (here 0.098%) over all thickness.

[0017] In addition, the fundamental formation conditions of this a-SiGe are as being shown in Table 1, and the amount of termination elements, i.e., CH, and CSi are made to be fixed by controlling the reaction pressure and RF power which control DEPORETO to constant value (0.098%) over the whole thickness.

[0018]

[Table 1]

基板温度 (°C)	170~320
反応圧力 (Pa)	1~50
RFパワー (mW/cm ²)	1~100
ガス流量 (SCCM)	GeH ₄ 0~3.2 H ₂ 75 SiH ₄ 40

[0019] One (alphanu) third of the a-SiGe layers 4 of this photoelectromotive-force equipment When the ***** gap for which it asked by plot is fixed with 1.32eV, as shown in drawing 3 the amount CH of hydrogen the relation with the conversion efficiency of the first stage under a red filter -- the amount CH of hydrogen about 9 -- less than [at%] -- the amount CH of hydrogen Although conversion efficiency increases in proportion [almost] to increase, it turns out that conversion efficiency will fall if about 9 at(s)% is exceeded, and it becomes the maximal value at CH =about 9 at(s)%. It is the amount CH of hydrogen from the maximal value. It is considered because the uncombined hand by which termination is not carried out with hydrogen or a halogen group element exists, and the decline in the conversion efficiency in few fields is the amount CH of hydrogen from the maximal value. The decline in many conversion efficiency of a field is SiH2. Since high order association arose and membranous quality deteriorated, it is considered.

[0020] Moreover, the conditions shown in Table 2 are followed and it is the amount CH of hydrogen after the photodegradation of this photoelectromotive-force equipment. When it asks for relation with the initial conversion efficiency under a red filter, as shown in drawing 4 If compared with the above-mentioned initial conversion efficiency, it will be the amount CH of hydrogen. A peak price is obtained at little about 7 at(s)%, and they are drawing 3 and the optimal amount CH of hydrogen before and after photodegradation from drawing 4 . It differs and it turns out that the optimum value after photodegradation is shifted to a low hydrogen side.

[0021]

[Table 2]

照射強度 (mV/cm ²)	500
照射状態	赤色フィルター下
照射温度 (°C)	48
照射時間 (hours)	6
セル接続状態	開放状態

[0022] Next, even if it changed the optical gap of the a-SiGe layer 4 of this photoelectromotive-force equipment and was attached to 1.50eV, 1.43eV, and 1.36eV case, when it conducted the same experiment and the amount of optimal hydrogen after degradation in each optical gap was calculated, the result shown in drawing 5 was obtained. The axis of ordinate of this drawing 5 is the amount CH of hydrogen. Although shown, it turns out that it comes to be shown in drawing 6 when this is transposed to the hydrogen presentation ratio CH / CSI, and the optimal presentation after the photodegradation of each optical gap exists in CH/CSI=0.098(%).

[0023] Based on the above result, germanium presentation ratio was changed, as shown in drawing 1, and when the solar-battery property of the top Norikazu example under the red filter before and behind photodegradation when the hydrogen presentation ratio CH / CSI is made into constant value (0.098%) and the transport properties of a carrier also raise coincidence was investigated, the result shown in Table 3 was obtained. Moreover, when the solar-battery property of the photoelectromotive-force equipment of the conventional optical gap gray dead structure shown in drawing 7 for a comparison was investigated, the result shown in Table 4 was obtained.

[0024]

[Table 3]

実施例の太陽電池特性

	V _{oc} (V)	I _{sc} (mA/cm ²)	F. F.	Eff (%)	劣化率 (%)
初期	0.62	8.8	0.67	3.66	
劣化後	0.61	8.7	0.65	3.45	4.2

[0025]

[Table 4]

比較例の太陽電池特性

	V _{oc} (V)	I _{sc} (mA/cm ²)	F. F.	Eff (%)	劣化率 (%)
初期	0.62	8.8	0.67	3.66	
劣化後	0.61	8.6	0.64	3.30	9.8

[0026] According to the one above-mentioned example, in addition to the rate of degradation being greatly improved with 4%, the conversion efficiency (Eff) under the red filter after degradation was also able to acquire 3.45% and a very high solar-battery property so that clearly from these tables 3 and Table 4.

[0027] In addition, according to this example, it is the amount CH of hydrogen. The probability which the carriers poured into i layers are quickly collected by the electrode, and probably recombine since it is set as the optimum value after photodegradation becomes low, and since carrying out induction of the defect and reducing the membrane quality of i layers has decreased in case the carrier poured into i layers recombines, it is thought that photodegradation became small.

[0028] Although the gradation profile of germanium is made into the isosceles trapezoid in the one above-mentioned example, it is free to make this profile into an inequality foot trapezoid, or to make it into Yamagata.

[0029] Moreover, although explanation of the above-mentioned example described a-SiGe:H, the result with the same said of the alloy of Si atom and C atom, the alloy of Si atom and N atom, the alloy of Si atom and O atom, and the alloy of Si atom and Sn atom is obtained.

[0030]

[Effect of the Invention] The uncombined hand and Si-H₂ by which termination is not carried out with hydrogen or a halogen group element since the amount of termination elements is being fixed to constant value over all thickness according to this invention as explained above The optimal uniform membrane quality from which high order association becomes min can be formed, and decline in the conversion efficiency by photodegradation can be decreased.

[0031] It sets to this invention and is especially the amount CH of hydrogen. When setting up beyond the optimum value after photodegradation smaller than an early optimum value, the conversion efficiency after photodegradation can be raised further, and a practically much more desirable design can be performed.

[Translation done.]